Víctima de sus propios éxitos pasados, la ciencia se aproxima a su fin, profetiza John Horgan en un libro que hace furor en los círculos académicos norteamericanos: "El fin de la ciencia": todas las grandes preguntas han sido respondidas y los descubrimientos importantes ya ocurrieron. Al fin y al cabo, hay sólo un número limitado de cosas para averiguar, y se acerca el momento en que conocerán todas las grandes leyes de la naturaleza.

La respuesta no se hizo esperar: R. Hazen y M. Singer, científicos del Carnegie Institute, en su propio libro, "¿Por qué los agujeros negros no son negros?" puntualizan que Horgan se equivoca; en verdad, las preguntas más excitantes de la ciencia futura se originarán en las interfaces inexploradas de disciplinas académicas tradicionales.

En esta entrega de FUTURO, algunos aspectos de esta polémica sobre el fin de la ciencia. Naturalmente, FUTURO simpatiza con la tesis de que la ciencia no está aproximándose a su fin, ya que el fin de la ciencia implicaría, seguramente, el fin de este suplemento.

¿ADIOS A LA CIENCIA?



OPINION

Agua nuestra que estás en los mares

Por Elvio Dodero *

Es muy frecuente encontrar opiniones más o menos coincidentes acerca de la escasez actual de agua a nivel mundial, y esas opiniones se tornan apocalípticas cuando se refieren al futuro de una humanidad sedienta y guerreando por su posesión y control.

Es cierto que existen factores coadyuvantes para que el consumo de agua se haya incrementado notablemente desde el inicio de la era industrial: actividad industrial creciente, incremento de la población y mejoras en la calidad de vida de esa población. A estos factores hay que adicionarle el fenómeno creciente de la contaminación que limita o condiciona el uso de muchas fuentes de provisión de agua para distintos tipos de consumo.

De la cantidad de agua existente en la naturaleza, 1350 millones de km cúbicos corresponden a los mares y océanos (97,57%). En los continentes la cantidad es de 33,6 millones de km cúbicos (2,42%) y en la atmósfera es de 0,015 millones de km cúbicos (0,001%). Del agua continental, 25 millones de km cúbicos son de hielos, y sólo 0,2 millones de km cúbicos pertenecen a ríos y lagos (0,014% del total).

De estas enormes cantidades de agua solamente una pequeña parte interviene en el ciclo hidrológico a través fundamentalmente de los fenómenos de evaporación y precipitación y es del ciclo hidrológico de donde nos proveemos para todos nuestros usos del agua.

La cantidad de evaporación anual es de unos 500.000 km cúbicos. De esta cantidad, aproximadamente 430.000 km cúbicos son desde los océanos y 70.000 desde los continentes. En cuanto a la precipitación por razones de equilibrio también es de 500.000 km cúbicos, pero su distribución es 110.000 km cúbicos sobre los continentes y 390.000 km cúbicos sobre los océanos. Como balance los continentes reciben 40.000 km cúbicos de agua dulce desde los océanos, los que vuelven a los océanos como escorrentía superficial y subterránea. En teoría se podrían aprovechar esos 40.000 km cúbicos, lo que no es posible pues de hecho gran parte de esta agua resulta inaccesible por causas naturales. Se podría aspirar a utilizar unos 14.000 km cúbicos, que es el flujo estable en ríos o arroyos. Sin embargo de esos 14.000 km cúbicos, unos 5000 km cúbicos no están al alcance, ya que gran parte se halla en zonas inhabitadas. En consecuencia quedan disponibles unos 9000 km cúbicos. Se estima que actualmente se utilizan unos 3100 km cúbicos anuales en todo el mundo. Esa cantidad equivale aproximadamente al 0,0002% del agua total existente, y en función de las estimaciones precedentes se podría llegar a abastecer al triple de la población mundial actual, siempre que asumamos una correlación lineal en las pautas de consumo con el incremento de la población y un manejo del tema contaminación que no impida el uso de fuentes actualmente útiles.

Surge entonces la pregunta: cuando estemos como humanidad en el límite del uso que nos permite el ciclo hidrológico, ¿a qué recurriremos?

Se han puesto en práctica distintas alternativas como la desalación de aguas salobres y de mar, la producción de nubes, el transporte de icebergs a distancia, y el almacenamiento en presas y embalses, incluida la recarga artificial en embalses subterráneos.

El almacenamiento en presas y embalses es una técnica usada históricamente. Tiene un costo bastante alto de inversión y su principal problema es que el tiempo de residencia rara vez excede el año. La recarga artificial tiene bastante importancia, aunque tiene la limitación de tener que encontrar los suelos adecuados. La producción de nubes, aunque se llegara a resolver tecnológicamente, es despreciable desde el punto de vista cuantitativo. El aprovechamiento de icebergs tampoco está resuelto tecnológicamente, generaría serias dificultades ecológicas y los costos energéticos que demandaría su transporte con la licuación que a su vez implicaría ese transporte, lo tornaría impracticable.

Inexorablemente se cubrirá el uso del ciclo hidrológico. Se podrá incrementar con embalses superficiales y subterráneos como recursos válidos, pero también se llegará a un límite. Entonces se deberá tener en cuenta la única fuente prácticamente inagotable de provisión: el mar. En estos momentos, se estima que se están produciendo unos 7300 millones de metros cúbicos anuales de agua potable a partir del agua de mar. Las tecnologías de desalación de agua de mar usadas son exitosas, no producen desequilibrios ecológicos, sus costos no son despreciables pero son accesibles, y actúan con una fuente de provisión que en la práctica es inagotable (el 97,57% del agua disponible en el planeta).

Surge así un hecho incontrastable: el agua de mar como la fuente más abundante y segura a la que deberemos recurrir irremediablemente en algún momento del futuro no demasiado lejano. Es por esta razón que podemos expresar desde ya con absoluta certeza, y en una especie de invocación laica: agua nuestra que estás en los mares...

* *Químico y especialista en problemas ambientales.*

TODOS SOMOS AQUAMAN

En 1961, Julius Schwartz había pensado en el primer superhéroe acuático. Su creación no era descabellada. El hombre está saturado de agua desde la cabeza hasta los pies.

74,5 % en el cerebro

79,3 % en el corazón

79,1 % en los pulmones

77,2 % en los intestinos

76 % en los músculos

70 % en el hígado



¿Fueron respondi

EL FIN DE

Por Mónica Nosetto, Leonardo Moledo y C.P.

Víctima de sus propios éxitos pasados, la ciencia está entrando en un cono de penumbras, profetiza John Horgan y desarrolla su certeza en un libro cuyo título no deja lugar a dudas: *El fin de la ciencia*. Todas las grandes preguntas han sido respondidas o son absolutamente incontestables y los descubrimientos importantes ya ocurrieron, escribió sin que le temblara el pulso. ¿Cuál es el porvenir?: hay sólo un número limitado de cosas para averiguar, y cada descubrimiento aproxima el final. Se acerca el tiempo en que se habrán deducido todas las grandes leyes de la naturaleza y aprendido todo lo de importancia sobre el mundo natural que puede aprenderse.

R. Hazen y M. Singer, científicos del Carnegie Institute, aceptaron el reto para la polémica: las preguntas más excitantes de la ciencia futura no se originarán en el centro del conocimiento establecido, sino en las interfases inexploradas de disciplinas académicas tradicionales. Profundos interrogantes sin contestar sobre el ambiente, la evolución y la diversidad de vida en el universo cruzan los límites tradicionales y requieren nuevos modos de pensamiento y estrategias para contestarlas. Y aunque se avance lo más lejos que se pueda prever, las preguntas no acabarán.

NO MAS REVOLUCIONES CIENTIFICAS

La era de los grandes descubrimientos científicos ya se ha cumplido. La tarea que queda para los investigadores en el futuro es simplemente ir rellenando con detalles los espacios en blanco que encuentren en tres grandes marcos teóricos generales: el de la evolución, la relatividad y los mecanismos cuánticos. Pero no habrá ninguna gran revolución análoga a las producidas en tiempos pasados. Esto es, en líneas generales, la idea básica desarrollada por John Horgan en *El fin de la ciencia: Enfrentando los límites del conocimiento en el crepúsculo de la era científica* (*The End of Science: Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Scientific Age*, Addison-Wesley, 1996).

Horgan, un periodista científico de *Scientific American,* después de una extensa investigación, concluyó que la ciencia está acercándose gradualmente a una especie de culminación. Parte de la premisa que la ciencia es un proceso real de descubrimiento de verdades y de la naturaleza, no un proceso subjetivo de regeneración constante como el arte, por lo tanto, cuando se descubre algo, la cosa descubierta es así y punto: hay que pasar a la siguiente. Como sostiene, además, que existe una cantidad finita de cosas por conocer, queda obligado a aceptar límites para el descubrimiento futuro.

En sus propias palabras lo explica así: "Por ciencia no quiero decir ciencia aplicada, sino ciencia en su mayor pureza y grandeza, el interrogante humano primordial para entender el universo y nuestro lugar en él. La mayor barrera al progreso futuro en ciencia pura es su éxito pasado. Los científicos han contestado algunas preguntas más allá de una duda razonable, y han ensamblado estos hallazgos en un convincente, si no terriblemente detallado mapa e historia de la existencia, desde la muy pequeña escala de quarks y electrones, a las galaxias y quásares que podemos ver a través de nuestros telescopios. Hemos descubierto que el
universo se está expandiendo y en un m
mento dado era mucho más caliente y m
pequeño de lo que es ahora. Así, parece h
ber habido algún tipo de gran explosión h
ce alrededor de 15 mil millones de años q
creó el Universo. Los físicos han mostra
que toda la materia consiste en unas poc
partículas básicas gobernadas por unas p
cas fuerzas básicas. Cuando miramos la hi
toria de la vida, sabemos que toda la vi
descendió de un antepasado común que ap
reció hace 4 mil millones de años, y creó t
das las especies diferentes a través del pr
ceso de selección natural y genética mend
liana. Mi argumento es básicamente que
el futuro estaremos rellenando detalles de
tro de este marco que los científicos ya h
creado con todas estas teorías diferentes"

LA FRONTERA INTERMINABLE DEL SABER

"El avance del conocimiento es una pr
gresión infinita hacia una meta en consta
te alejamiento."
J.G. Frazer, *La rama dorada*

En realidad, la idea de la ciencia como u
esfera en constante expansión, en la que
medida que su volumen y caudal de con
cimientos es mayor, su contacto con lo de
conocido –la superficie– también es may
ha sido una de las ideas guía de la cultu
del progreso, y aunque ya varias veces
haya anunciado el fin de las ciencias (p
ejemplo, al terminar el siglo XIX, justo a
tes de la aparición de la radiactividad y
relatividad), nadie se tomaba ese "fin" ve
daderamente en serio.

El argumento central de Horgan, sin e
bargo, es inteligente y simple: "Hay cos
que efectivamente terminan", y pone co
ejemplo la exploración de nuestro plane
Durante casi toda la historia de la huma
dad, la Tierra pareció un territorio infinit
explorar, y por más que se descubrieran n
vas regiones, siempre había otras más al
pero, dado el estado de los medio de exp
ración actuales, perfectamente podemos
cir que la exploración y conocimiento
nuestro planeta está efectivamente termi
da, que no habrá muchas grandes sorpres
y que, aunque faltan regiones por investi
(fosas marítimas, por ejemplo), se reduc
a problemas marginales, a "rellenar hueco

La verdad es que, si intenta una visión
norámica de lo que la ciencia ha conseg
do averiguar, el resultado es estremeced
conocemos la estructura a gran escala
universo, conocemos –o por lo menos te
mos una teoría razonable– su origen, sa
mos cuáles son las unidades y los proce
químicos en los que se basa la vida y
grandes rasgos de la evolución, sabem
cuál es la estructura de la materia y cuá
son las partículas fundamentales, cono
mos las cuatro fuerzas que dominan la
turaleza, tenemos una idea bastante apro
mada de la evolución y el probable final
las estrellas, y aunque ignoramos cuál s
el final del universo (si se expandirá p
siempre, si se contraerá alguna vez, o si
cilará), los escenarios posibles no son
masiados. Y así, Horgan tiene sus razo
y las utiliza de manera inteligente, provo
tiva y muy documentada: *El fin de la ci
cia* incluye entrevistas con personajes co
Karl Popper, Francis Crick, Roger Penro
Noam Chomsky, Paul Feyerabend, T.
Kuhn, Steven Weimberg, Richard Dawki
Ilya Prygogine, Hans Bethe, entre much
otros. Sin embargo, no está de más seña
que hay una falacia en la premisa básica

OPINION

Agua nuestra que estás en los mares

Por Elvio Dodero *

Es muy frecuente encontrar opiniones más o menos coincidentes acerca de la escasez actual de agua a nivel mundial, y esas opiniones se tornan apocalípticas cuando se refieren al futuro de una humanidad sedienta y guerreando por su posesión y control.

Es cierto que existen factores coadyuvantes para que el consumo de agua se haya incrementado notablemente desde el inicio de la era industrial: actividad industrial creciente, incremento de la población y mejoras en la calidad de vida de esa población. A estos factores hay que adicionarle el fenómeno creciente de la contaminación que limita o condiciona el uso de muchas fuentes de provisión de agua para distintos tipos de consumo.

De la cantidad de agua existente en la naturaleza, 1350 millones de km cúbicos corresponden a los mares y océanos (97,57%). En los continentes la cantidad es de 33,6 millones de km cúbicos (2,42%) y en la atmósfera es de 0,015 millones de km cúbicos (0,001%). Del agua continental, 25 millones de km cúbicos son de hielos, y sólo 0,2 millones de km cúbicos pertenecen a ríos y lagos (0,014% del total).

De estas enormes cantidades de agua solamente una pequeña parte interviene en el ciclo hidrológico a través fundamentalmente de los fenómenos de evaporación y precipitación y es del ciclo hidrológico de donde nos proveemos para todos nuestros usos del agua.

La cantidad de evaporación anual es de unos 500.000 km cúbicos. De esta cantidad, aproximadamente 430.000 km cúbicos son desde los océanos y 70.000 desde los continentes. En cuanto a la precipitación por razones de equilibrio también es de 500.000 km cúbicos, pero su distribución es 110.000 km cúbicos sobre los continentes y 390.000 km cúbicos sobre los océanos. Como balance los continentes reciben 40.000 km cúbicos de agua dulce desde los océanos, los que vuelven a los océanos como escorrentía superficial y subterránea. En teoría se podrían aprovechar esos 40.000 km cúbicos, lo que no es posible pues de hecho gran parte de esta agua resulta inaccesible por causas naturales. Se podría aspirar a utilizar unos 14.000 km cúbicos, que es el flujo estable en ríos o arroyos. Sin embargo de esos 14.000 km cúbicos, unos 5000 km cúbicos no están al alcance, ya que gran parte se halla en zonas inhabitadas. En consecuencia quedan disponibles unos 9000 km cúbicos. Se estima que actualmente se utilizan unos 3100 km cúbicos anuales en todo el mundo. Esa cantidad equivale aproximadamente al 0,0002% del agua total existente, y en función de las estimaciones precedentes se podría llegar a abastecer al triple de la población mundial actual, siempre que asumamos una correlación lineal en las pautas de consumo con el incremento de la población y un manejo del tema contaminación que no impida el uso de fuentes actualmente útiles.

Surge entonces la pregunta: cuando estemos como humanidad en el límite del uso que nos permite el ciclo hidrológico, ¿a qué recurriremos?

Se han puesto en práctica distintas alternativas como la desalación de aguas salobres y de mar, la producción de nubes, el transporte de icebergs a distancia, y el almacenamiento en presas y embalses, incluida la recarga artificial en embalses subterráneos.

El almacenamiento en presas y embalses es una técnica usada históricamente. Tiene un costo bastante alto de inversión y su principal problema es que el tiempo de residencia rara vez excede el año. La recarga artificial tiene bastante importancia, aunque tiene la limitación de tener que encontrar los suelos adecuados. La producción de nubes, aunque se llegara a resolver tecnológicamente, es despreciable desde el punto de vista cuantitativo. El aprovechamiento de icebergs tampoco está resuelto tecnológicamente, generaría serias dificultades ecológicas y los costos energéticos que demandaría su transporte con la licuación que a su vez implicaría ese transporte, lo tornaría impracticable.

Inexorablemente se cubrirá el uso del ciclo hidrológico. Se podrá incrementar con embalses superficiales y subterráneos como recursos válidos, pero también se llegará a un límite. Entonces se deberá tener en cuenta la única fuente prácticamente inagotable de provisión: el mar. En estos momentos, se estima que se están produciendo unos 7300 millones de metros cúbicos anuales de agua potable a partir del agua de mar. Las tecnologías de desalación de agua de mar usadas son exitosas, no producen desequilibrios ecológicos, sus costos no son despreciables pero son accesibles, y actúan con una fuente de provisión que en la práctica es inagotable (el 97,57% del agua disponible en el planeta).

Surge así un hecho incontrastable: el agua de mar como la fuente más abundante y segura a la que deberemos recurrir irremediablemente en algún momento del futuro no demasiado lejano. Es por esta razón que podemos expresar desde ya con absoluta certeza, y en una especie de invocación laica: agua nuestra que estás en los mares...

* *Químico y especialista en problemas ambientales.*

TODOS SOMOS AQUAMAN

En 1961, Julius Schwartz había pensado en el primer superhéroe acuático. Su creación no era descabellada. El hombre está saturado de agua desde la cabeza hasta los pies.

74,5 % en el cerebro
79,3 % en el corazón
79,1 % en los pulmones
77,2 % en los intestinos
76 % en los músculos
70 % en el hígado

De dónde sacamos el agua

47% bebidas
39% alimentos
14% lo fabrica el propio cuerpo
El cuerpo humano tiene casi 50 litros de agua
60 %

Cuentagotas

Se renuevan dos litros por día
Cada día se vierten 10 litros en el tubo digestivo
Si se pierde un 15 % de agua el riesgo es mortal.

¿Fueron respondidas ya todas las preguntas fundamentales?

EL FIN DE LAS CIENCIAS

Por Mónica Nosetto, Leonardo Moledo y C.P.

Víctima de sus propios éxitos pasados, la ciencia está entrando en un cono de penumbras, profetiza John Horgan y desarrolla su certeza en un libro cuyo título no deja lugar a dudas: *El fin de la ciencia*. Todas las grandes preguntas han sido respondidas o son absolutamente incontestables y los descubrimientos importantes ya ocurrieron, escribió sin que le temblara el pulso. ¿Cuál es el porvenir?: hay sólo un número limitado de cosas para averiguar, y cada descubrimiento aproxima el final. Se acerca el tiempo en que se habrán deducido todas las grandes leyes de la naturaleza y aprendido todo lo de importancia sobre el mundo natural que puede aprenderse.

R. Hazen y M. Singer, científicos del Carnegie Institute, aceptaron el reto para la polémica: las preguntas más excitantes de la ciencia futura no se originarán en el centro del conocimiento establecido, sino en las interfases inexploradas de disciplinas académicas tradicionales. Profundos interrogantes sin contestar sobre el ambiente, la evolución y la diversidad de vida en el universo cruzan los límites tradicionales y requieren nuevos modos de pensamiento y estrategias para contestarlas. Y aunque se avance lo más lejos que se pueda prever, las preguntas no acabarán.

NO MAS REVOLUCIONES CIENTIFICAS

La era de los grandes descubrimientos científicos ya se ha cumplido. La tarea que queda para los investigadores en el futuro es simplemente ir rellenando con detalles los espacios en blanco que encuentren en tres grandes marcos teóricos generales: el de la evolución, la relatividad y los mecanismos cuánticos. Pero no habrá ninguna gran revolución análoga a las producidas en tiempos pasados. Esto es, en líneas generales, la idea básica desarrollada por John Horgan en *El fin de la ciencia: Enfrentando los límites del conocimiento en el crepúsculo de la era científica* (*The End of Science: Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Scientific Age*, Addison-Wesley, 1996).

Horgan, un periodista científico de *Scientific American,* después de una extensa investigación, concluyó que la ciencia está acercándose gradualmente a una especie de culminación. Parte de la premisa que la ciencia es un proceso real de descubrimiento de verdades y de la naturaleza, no un proceso subjetivo de regeneración constante como el arte, por lo tanto, cuando se descubre algo, la cosa descubierta es así y punto: hay que pasar a la siguiente. Como sostiene, además, que existe una cantidad finita de cosas por conocer, queda obligado a aceptar límites para el descubrimiento futuro.

En sus propias palabras lo explica así: "Por ciencia no quiero decir ciencia aplicada, sino ciencia en su mayor pureza y grandeza, el interrogante humano primordial para entender el universo y nuestro lugar en él. La mayor barrera al progreso futuro en ciencia pura es su éxito pasado. Los científicos han contestado algunas preguntas más allá de una duda razonable, y han ensamblado estos hallazgos en un convincente, si no terriblemente detallado mapa e historia de la existencia, desde la muy pequeña escala de quarks y electrones, a las galaxias y quásares que podemos ver a través de nuestros telescopios. Hemos descubierto que el universo se está expandiendo y en un momento dado era mucho más caliente y más pequeño de lo que es ahora. Así, parece haber habido algún tipo de gran explosión hace alrededor de 15 mil millones de años que creó el Universo. Los físicos han mostrado que toda la materia consiste en unas pocas partículas básicas gobernadas por unas pocas fuerzas básicas. Cuando miramos la historia de la vida, sabemos que toda la vida descendió de un antepasado común que apareció hace 4 mil millones de años, y creó todas las especies diferentes a través del proceso de selección natural y genética mendeliana. Mi argumento es básicamente que en el futuro estaremos rellenando detalles dentro de este marco que los científicos ya han creado con todas estas teorías diferentes".

LA FRONTERA INTERMINABLE DEL SABER

"El avance del conocimiento es una progresión infinita hacia una meta en constante alejamiento."
J.G. Frazer, *La rama dorada*

En realidad, la idea de la ciencia como una esfera en constante expansión, en la que, a medida que su volumen y caudal de conocimientos es mayor, su contacto con lo desconocido –la superficie– también es mayor ha sido una de las ideas guía de la cultura del progreso, y aunque ya varias veces se haya anunciado el fin de las ciencias (por ejemplo, al terminar el siglo XIX, justo antes de la aparición de la radiactividad y la relatividad), nadie se tomaba ese "fin" verdaderamente en serio.

El argumento central de Horgan, sin embargo, es inteligente y simple: "Hay cosas que efectivamente terminan", y pone como ejemplo la exploración de nuestro planeta. Durante casi toda la historia de la humanidad, la Tierra pareció un territorio infinito a explorar, y por más que se descubrieran nuevas regiones, siempre había otras más allá; pero, dado el estado de los medio de exploración actuales, perfectamente podemos decir que la exploración y conocimiento de nuestro planeta está efectivamente terminada, que no habrá muchas grandes sorpresas, y que, aunque faltan regiones por investigar (fosas marítimas, por ejemplo), se reducen a problemas marginales, a "rellenar huecos".

La verdad es que, si intenta una visión panorámica de lo que la ciencia ha conseguido averiguar, el resultado es estremecedor: conocemos la estructura a gran escala del universo, conocemos –o por lo menos tenemos una teoría razonable– su origen, sabemos cuáles son las unidades y los procesos químicos en los que se basa la vida y los grandes rasgos de la evolución, sabemos cuál es la estructura de la materia y cuáles son las partículas fundamentales, conocemos las cuatro fuerzas que dominan la naturaleza, tenemos una idea bastante aproximada de la evolución y el probable final de las estrellas, y aunque ignoramos cuál será el final del universo (si se expandirá para siempre, si se contraerá alguna vez, o si oscilará), los escenarios posibles no son demasiados. Y así, Horgan tiene sus razones y las utiliza de manera inteligente, provocativa y muy documentada: *El fin de la ciencia* incluye entrevistas con personajes como Karl Popper, Francis Crick, Roger Penrose, Noam Chomsky, Paul Feyerabend, T. S. Kuhn, Steven Weimberg, Richard Dawking, Ilya Prygogine, Hans Bethe, entre muchos otros. Sin embargo, no está de más señalar que hay una falacia en la premisa básica de Horgan: es absolutamente verdadero su ejemplo de la exploración de la Tierra, y la exploración de la Tierra es una epopeya que efectivamente terminó o cuyo fin se avizora. Pero un ejemplo no sirve como demostración de que la ciencia en general *también* se acerca a su fin. En todo caso, demuestra que "podría ser", que no es un absurdo.

Con este recaudo, *El fin de la ciencia* es un libro excitante, que se lee con enorme placer y más alla de que se compartan sus conclusiones o no ofrece un panorama casi completo del estado de la ciencia actual.

¿POR QUE LOS AGUJEROS NEGROS NO SON NEGROS?

La réplica a Horgan no se hizo esperar. Y mereció su desarrollo en otro libro: *Por qué los agujeros negros no son negros. Las preguntas no contestadas en las fronteras de la ciencia* (*Why Aren't Black Holes Black? The Unanswered Questions at the Frontiers of Science*, Anchor Books, 1997), cuya autoría comparten Robert Hazen y Maxine Singer, investigador y presidenta, respectivamente, del Carnegie Institution de Washington D.C. Para ellos, Horgan se equivoca porque cataloga lo que se conoce, cuando, por el contrario, la clave para entender por qué la ciencia es una frontera interminable, reside en vislumbrar la inmensa cantidad de lo que permanece desconocido. De hecho, dicen, la parte más excitante del drama científico es el descubrimiento incesante de fenómenos sobre los que ni siquiera se sabía que se ignoraban.

La idea fundamental de Hazen y Singer es que la Tierra, el sistema solar y el Universo tienen maravillas para cautivar y beneficiar a la raza humana durante milenios, y la cadena de descubrimientos, así como la curiosidad humana que motoriza la demanda de conocimiento, no muestran la más ligera señal del fin. Dividen las preguntas sin contestar, que maneja la investigación científica básica, en tres categorías generales: qué existe, cómo llegó a ser y cómo trabaja la naturaleza. Como la suma de la investigación principal de hoy demuestra, esas preguntas son inherentemente ilimitadas en alcance.

1. ¿QUE COSAS EXISTEN?

La pregunta acerca de qué cosas existen marcó el punto de partida de las ciencias. Después de siglos, se conoce sólo una mínima parte de lo que resta por conocer. Es más, si la tarea de describir el universo tangible no fuera bastante, aparece ahora que la mayoría de la masa del universo es extraña, diferente de todo lo que se conoce hasta ahora. En las pasadas dos décadas, los astrónomos han descubierto evidencia aplastante de que en el universo se esparce materia oscura, sustancia aparentemente invisible que debe estar allí, pero ni siquiera puede encontrarse con los telescopios más poderosos. Si la materia que se conoce constituye solamente una pequeña fracción de la que existe, ¿cuántas preguntas más deberán ser formuladas?: ¿qué es esta materia desconocida?, ¿cómo puede ser estudiada?, ¿qué leyes la gobiernan? Y si la ciencia actual está basada en observaciones y mediciones de un insignificante porcentaje de lo que existe, entonces, ¿puede la física estar llegando a su fin?

2. EL ORIGEN DE LAS COSAS

Las preguntas acerca del origen del Universo, las galaxias, el sistema solar, fascinan a los científicos de hoy y a los pensadores de todas las épocas. Pero, el enigma del origen de la vida es quizás uno de los más profundos. El origen de vida fue un evento histórico, y muchos detalles de esa historia todavía se conservan en las estructuras químicas de las células. A través de estudios bioquímicos se puede deducir y quizás reproducir algunos de los pasos químicos asociados con ese evento. Pero, aun si algún día se llegara a conocer cada matiz del origen de la vida en la Tierra, ¿quién puede predecir cuántos caminos químicos alternativos para la vida se pueden haber iniciado en otra parte del cosmos? No se puede imaginar un final para la búsqueda de los posibles orígenes de vida en el Universo.

3. ¿COMO TRABAJA LA NATURALEZA?

¿Cómo evolucionan las estrellas, cómo se erosionan las piedras, cómo se desarrolla el cáncer, cómo interactúan los átomos, cómo se reproducen los hongos? La mayor parte de la investigación científica básica de hoy se enfoca en contestar tales cuestiones, y los hallazgos están revelando una complejidad desconcertante. Si se considera uno de los misterios más viejos de la ciencia: ¿cómo un solo huevo fertilizado se transforma en un ser humano?, es difícil imaginar una pregunta científica que tenga una respuesta más compleja y larga. Pueden demorarse siglos para aprender muchos detalles cruciales de los procesos de desarrollo que esculpen una cara, un cuerpo, una mente. Aunque se pudiera congelar la sucesión de eventos y examinar cada célula embrionaria en todos los pasos a lo largo del camino, los numerosos procesos ocurren simultáneamente y son demasiados los genes que juegan un papel, la investigación promete siglos de aventura y descubrimientos.

RUNAWAY NATIONAL BESTSELLER
Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Scientific Age
The End of Science

LAS GRANDES PREGUNTAS SIN CONTESTAR

En *Why Aren't Black Holes Black?*, Singer y Hazen identificaron las grandes preguntas sin contestar que motivan la mayoría de las investigaciones científicas actuales.

1. ¿Qué es la materia oscura?
2. ¿Cuál será el último destino del universo?
3. ¿Se podrá inventar una teoría que lo explique todo?
4. ¿Cómo se combinan los átomos?
5. ¿Nos quedaremos sin energía?
6. ¿Qué está pasando dentro de la Tierra?
7. ¿A cuántas personas puede soportar la Tierra?
8. ¿Cómo se originó la vida sobre la Tierra?
9. ¿Se podrá revelar el código genético?
10. ¿Cómo llegó a ser tan variada la vida sobre la Tierra?
11. ¿Cómo se desarrolla un ser humano a partir de una sola célula?
12. ¿Cuál es el origen físico de la memoria?
13. ¿Es dictada la conducta por genes?
14. ¿Estamos solos en el universo?

Como todo debate donde ambas posturas son inteligentes, suele ocurrir que quienes discuten están hablando de cosas distintas y además, se podría sospechar que lo saben. Pero justamente acá, lo interesante no es tanto decidir si la ciencia tiene que prepararse para salir de la escena de la cultura o no, ya que es improbable que se pueda llegar a una conclusión al respecto, sino el debate mismo como generador de ideas. Y, además, sería interesante que alguien se atreviera a leer este debate en términos de una discusión entre un divulgador, o difusor de la ciencia como es Horgan y científicos à la page, como es el caso de Singer y Hazen. ¿El origen de sus profesiones tiene que ver con el origen del debate?

De todas maneras, y aun en el caso de que Horgan tuviera razón, y que la ciencia se aproxime a su culminación y su final, lo que sí se puede asegurar es que no ocurrirá en el lapso bíblico de siete días, y que, por lo tanto, FUTURO volverá el próximo sábado.



s ya todas las preguntas fundamentales?

LAS CIENCIAS



Horgan: es absolutamente verdadero su ejemplo de la exploración de la Tierra, y la exploración de la Tierra es una epopeya que efectivamente terminó o cuyo fin se avizora. Pero un ejemplo no sirve como demostración de que la ciencia en general *también* se acerca a su fin. En todo caso, demuestra que "podría ser", que no es un absurdo.

Con este recaudo, *El fin de la ciencia* es un libro excitante, que se lee con enorme placer y más alla de que se compartan sus conclusiones o no ofrece un panorama casi completo del estado de la ciencia actual.

¿POR QUE LOS AGUJEROS NEGROS NO SON NEGROS?

La réplica a Horgan no se hizo esperar. Y mereció su desarrollo en otro libro: *Por qué los agujeros negros no son negros. Las preguntas no contestadas en las fronteras de la ciencia* (*Why Aren't Black Holes Black? The Unanswered Questions at the Frontiers of Science*, Anchor Books, 1997), cuya autoría comparten Robert Hazen y Maxine Singer, investigador y presidenta, respectivamente, del Carnegie Institution de Washington D.C. Para ellos, Horgan se equivoca porque cataloga lo que se conoce, cuando, por el contrario, la clave para entender por qué la ciencia es una frontera interminable, reside en vislumbrar la inmensa cantidad de lo que permanece desconocido. De hecho, dicen, la parte más excitante del drama científico es el descubrimiento incesante de fenómenos sobre los que ni siquiera se sabía que se ignoraban.

La idea fundamental de Hazen y Singer es que la Tierra, el sistema solar y el Universo tienen maravillas para cautivar y beneficiar a la raza humana durante milenios, y la cadena de descubrimientos, así como la curiosidad humana que motoriza la demanda de conocimiento, no muestran la más ligera señal del fin. Dividen las preguntas sin contestar, que maneja la investigación científica básica, en tres categorías generales: qué existe, cómo llegó a ser y cómo trabaja la naturaleza. Como la suma de la investigación principal de hoy demuestra, esas preguntas son inherentemente ilimitadas en alcance.

1. ¿QUE COSAS EXISTEN?

La pregunta acerca de qué cosas existen marcó el punto de partida de las ciencias. Después de siglos, se conoce sólo una mínima parte de lo que resta por conocer. Es más, si la tarea de describir el universo tangible no fuera bastante, aparece ahora que la mayoría de la masa del universo es extraña, diferente de todo lo que se conoce hasta ahora. En las pasadas dos décadas, los astrónomos han descubierto evidencia aplastante de que en el universo se esparce materia oscura, sustancia aparentemente invisible que debe estar allí, pero ni siquiera puede encontrarse con los telescopios más poderosos. Si la materia que se conoce constituye solamente una pequeña fracción de la que existe, ¿cuántas preguntas más deberán ser formuladas?: ¿qué es esta materia desconocida?, ¿cómo puede ser estudiada?, ¿qué leyes la gobiernan? Y si la ciencia actual está basada en observaciones y mediciones de un insignificante porcentaje de lo que existe, entonces, ¿puede la física estar llegando a su fin?

2. EL ORIGEN DE LAS COSAS

Las preguntas acerca del origen del Universo, las galaxias, el sistema solar, fascinan a los científicos de hoy y a los pensadores de todas las épocas. Pero, el enigma del origen de la vida es quizás uno de los más profundos. El origen de vida fue un evento histórico, y muchos detalles de esa historia todavía se conservan en las estructuras químicas de las células. A través de estudios bioquímicos se puede deducir y quizás reproducir algunos de los pasos químicos asociados con ese evento. Pero, aun si algún día se llegara a conocer cada matiz del origen de la vida en la Tierra, ¿quién puede predecir cuántos caminos químicos alternativos para la vida se pueden haber iniciado en otra parte del cosmos? No se puede imaginar un final para la búsqueda de los posibles orígenes de vida en el Universo.

3. ¿COMO TRABAJA LA NATURALEZA?

¿Cómo evolucionan las estrellas, cómo se erosionan las piedras, cómo se desarrolla el cáncer, cómo interactúan los átomos, cómo se reproducen los hongos? La mayor parte de la investigación científica básica de hoy se enfoca en contestar tales cuestiones, y los hallazgos están revelando una complejidad desconcertante. Si se considera uno de los misterios más viejos de la ciencia: ¿cómo un solo huevo fertilizado se transforma en un ser humano?, es difícil imaginar una pregunta científica que tenga una respuesta más compleja y larga. Pueden demorarse siglos para aprender muchos detalles cruciales de los procesos de desarrollo que esculpen una cara, un cuerpo, una mente. Aunque se pudiera congelar la sucesión de eventos y examinar cada célula embrionaria en todos los pasos a lo largo del camino, los numerosos procesos ocurren simultáneamente y son demasiados los genes que juegan un papel, la investigación promete siglos de aventura y descubrimientos.

LAS GRANDES PREGUNTAS SIN CONTESTAR

En *Why Aren't Black Holes Black?*, Singer y Hazen identificaron las grandes preguntas sin contestar que motivan la mayoría de las investigaciones científicas actuales.

1. ¿Qué es la materia oscura?
2. ¿Cuál será el último destino del universo?
3. ¿Se podrá inventar una teoría que lo explique todo?
4. ¿Cómo se combinan los átomos?
5. ¿Nos quedaremos sin energía?
6. ¿Qué está pasando dentro de la Tierra?
7. ¿A cuántas personas puede soportar la Tierra?
8. ¿Cómo se originó la vida sobre la Tierra?
9. ¿Se podrá revelar el código genético?
10. ¿Cómo llegó a ser tan variada la vida sobre la Tierra?
11. ¿Cómo se desarrolla un ser humano a partir de una sola célula?
12. ¿Cuál es el origen físico de la memoria?
13. ¿Es dictada la conducta por genes?
14. ¿Estamos solos en el universo?

Como todo debate donde ambas posturas son inteligentes, suele ocurrir que quienes discuten están hablando de cosas distintas y además, se podría sospechar que lo saben. Pero justamente acá, lo interesante no es tanto decidir si la ciencia tiene que prepararse para salir de la escena de la cultura o no, ya que es improbable que se pueda llegar a una conclusión al respecto, sino el debate mismo como generador de ideas. Y, además, sería interesante que alguien se atreviera a leer este debate en términos de una discusión entre un divulgador, o difusor de la ciencia como es Horgan y científicos à la page, como es el caso de Singer y Hazen. ¿El origen de sus profesiones tiene que ver con el origen del debate?

De todas maneras, y aun en el caso de que Horgan tuviera razón, y que la ciencia se aproxime a su culminación y su final, lo que sí se puede asegurar es que no ocurrirá en el lapso bíblico de siete días, y que, por lo tanto, FUTURO volverá el próximo sábado.

JUEGOS

ARITMETICA

EL CARACOL

Por Adrián Alauzis

Resulta conocido el viejo problema del caracol que no viene mal recordar:

Un caracol trepa por una pared de 20 metros de altura, avanzando 3 metros durante el día, pero en el descanso nocturno y debido a su inactividad, retrocede resbalando 2 metros. Se pregunta cuántos días tardará en llegar hasta lo más alto de la pared.

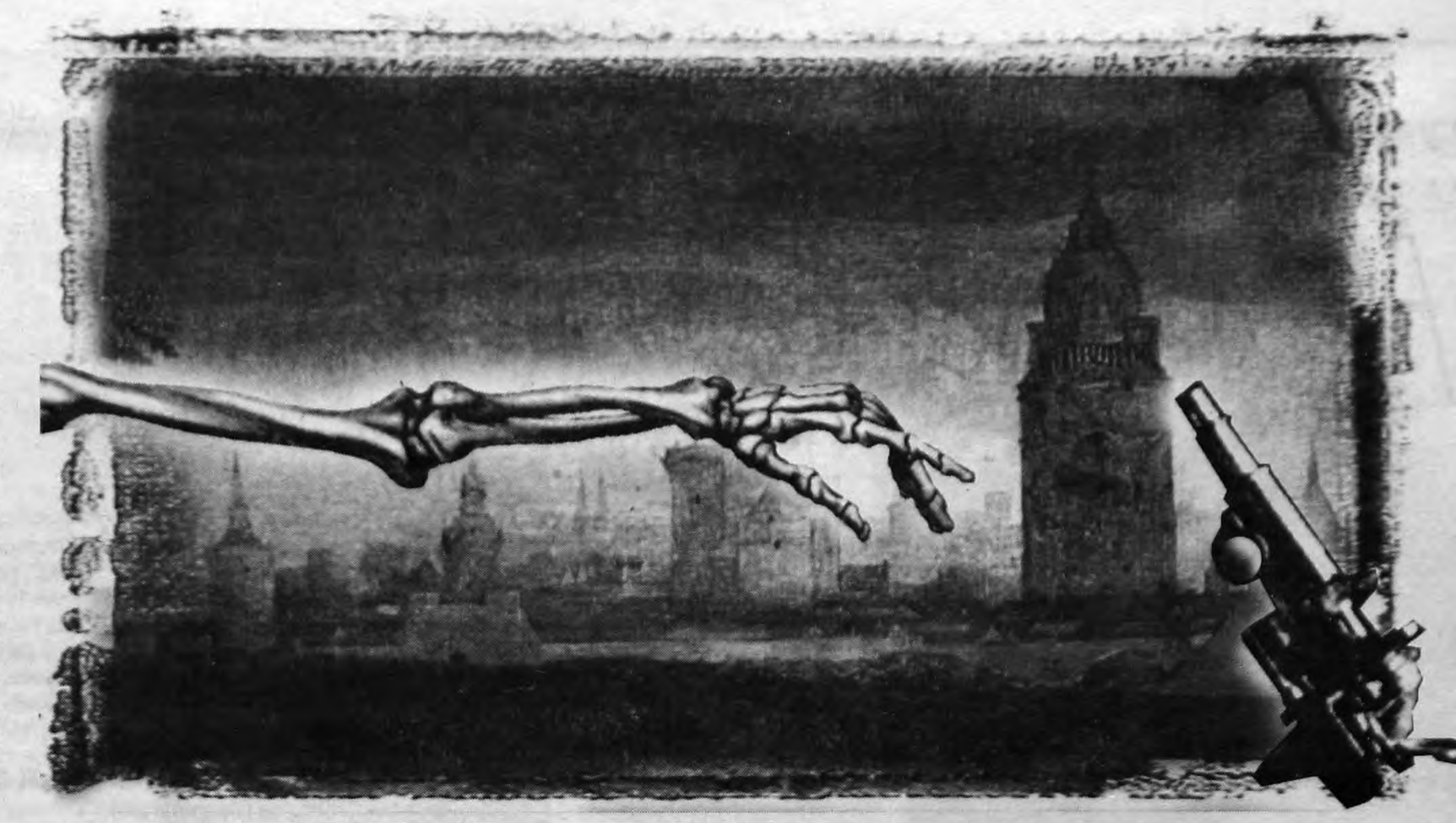
Si usted nunca resolvió el problema, inténtelo antes de seguir leyendo.

La respuesta no es 20 días como lo indica el cálculo simple de creer que el avance efectivo es de un metro diario, porque en el decimoséptimo día se encuentra a 17 metros, y al día siguiente, el día 18, llegará al tope sin resbalar nuevamente.

Pero bueno, la vuelta de tuerca que enreda las cosas hasta transformar el problema en un acertijo diabólico, la dio Henry Dudeney (1907). Y su pregunta fue la siguiente: ¿cuánto tardará el caracol en subir y descender bajo las mismas condiciones? No, no es tan sencillo. Vale aclarar que el día y la noche duran el mismo tiempo a los fines del problema, y que apenas llega a la cima comienza instantáneamente a bajar.

SOLUCIÓN A LA PARADOJA ORBITAL DEL 17 DE ENERO.

La clave para resolver la paradoja está en la palabra órbita. Aunque parezca difícil de creer, todo lo que se encuentra en órbita está en caída libre, es decir cayendo constantemente como de un edificio. La sensación es la misma en una zambullida desde un trampolín: gravedad cero. En una nave en órbita hay gravedad cero no porque esté lejos de la Tierra, sino porque la nave está cayendo constantemente. Lo que la salva de estrellarse es que al mismo tiempo avanza lo suficiente como para que la curvatura del planeta bajo sus pies compense la distancia de caída.



MUERTE E INMORTALIDAD

El País de Madrid

Por Jesús Monterín*

La célula es el átomo de la vida, el mínimo trozo de realidad viviente. Posee ya todos los atributos y problemas de la vida, empezando por la muerte. Nosotros mismos somos repúblicas de células, y nuestra muerte es función de la suya. La mayoría de las células son bacterias potencialmente inmortales. Las bacterias pueden morirse de hambre o de accidente, pero no de viejas. Se dividen y subdividen sin parar, siempre tan frescas, sin envejecer nunca ni llegar a un límite prefijado de su existencia.

Alexis Carrel cultivó fibroblastos (células de tejido conjuntivo) procedentes de embriones de pollo, alimentándolos con suero y otros nutrientes. Logró mantenerlos en vida durante 34 años, mucho más de lo que vive una gallina. Carrel anunció que las células así cultivadas se dividían ilimitadamente, por lo que eran potencialmente inmortales, como las bacterias. Sin embargo, cuando Leonard Hayflick trató de reproducir sus experimentos bajo condiciones más estrictas de control, se encontró con que las células de embrión de pollo se dividían sólo 25 veces, tras lo cual se morían. El suero de pollo con que Carrel alimentaba sus cultivos no estaba bien filtrado y contenía nuevas células de embrión, que rejuvenecían el cultivo. Eliminada esta aportación externa de nuevas células, todas las del cultivo alcanzaban pronto su límite de 25 divisiones y morían. Repetido el experimento con fibroblastos de embriones humanos, se dividen 50 veces y luego se mueren también. En general, cada especie animal tiene un número característico de divisiones celulares (su límite de Hayflick), tras el cual sus células se suicidan.

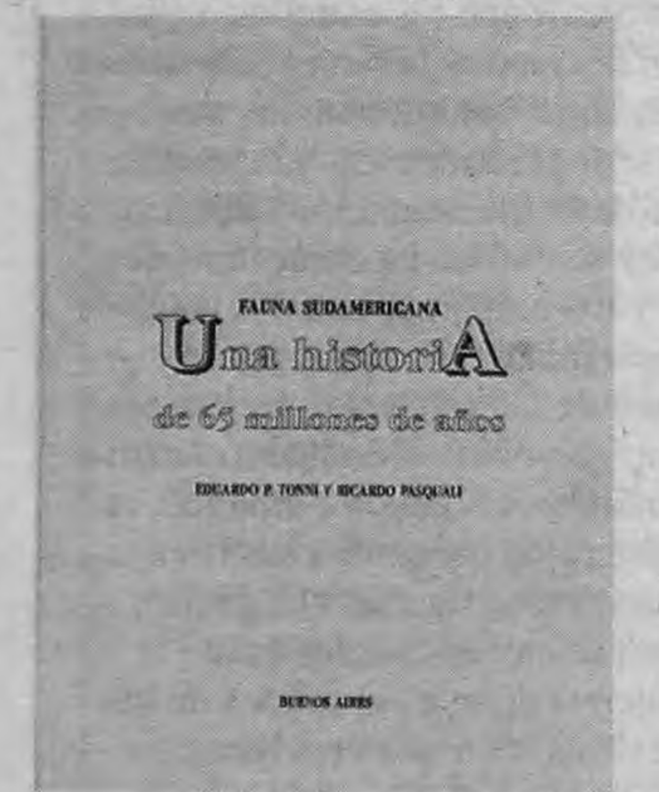
Ya se sabía que en el curso del desarrollo embrionario de los animales muchas células se mueren de un modo ordenado, esculpiendo la forma definitiva del organismo. El renacuajo pierde su cola; el feto, sus membranas interdigitales; el sistema nervioso, las neuronas lanzadas al azar y que no llegan a establecer conexiones útiles. En 1972, Kerr, Wyllie y Currie publicaron un artículo seminal en el que por primera vez distinguieron claramente entre necrosis y apoptosis. La "necrosis" es la muerte celular violenta, traumática o accidental, la muerte que viene de fuera, no prevista ni preparada, un asunto sucio y caótico. La célula explota, su membrana se rompe y todo su contenido se vierte al exterior provocando la afluencia de los linfocitos y la inflamación. La "apoptosis", por el contrario, es la muerte programada y organizada, la muerte que viene de dentro, siguiendo las instrucciones del propio genoma, un manual de suicidio limpio, que prevé la autodestrucción ordenada y el empaquetamiento de los restos en paquetes apoptóticos que evitan la inflamación. Tanto las células autosacrificadas en el desarrollo como las que se mueren en cultivo tras alcanzar su límite de Hayflick son casos de apoptosis. Aunque durante una década el artículo de Kerr, Wyllie y Currie pasó casi inadvertido, sus predicciones se han ido cumpliendo. La investigación de la muerte programada ha ido atrayendo a un número creciente de biólogos moleculares.

Todas las células animales están programadas para suicidarse cuando les llega su hora o cuando suena la alarma (por mutaciones irreparables de su genoma o por infecciones víricas). A veces este programa falla y las células se olvidan de cómo suicidarse. Entonces se produce el tumor incontrolable. Varios cultivos de células tumorales de ratones siguen dividiéndose sin parar desde 1907. En 1951 se extrajeron (con fines diagnósticos) unas células del tumor vaginal de Henrietta Lacks, una norteamericana de 30 años de edad. Ella pronto sucumbió al cáncer, pero sus células tumorales fueron cultivadas por Gey, y todavía continúan dividiéndose furiosamente en laboratorios de todo el mundo. El genoma de Henrietta Lacks es, sin duda, el más difundido y sus células tumorales han alcanzado la inmortalidad de las bacterias. En vista de la alternativa, la muerte no deja de tener su discreto encanto.

** Jesús Mosterín es catedrático de Filosofía, Ciencia y Sociedad.*

LIBROS

Fauna sudamericana. Una historia de 65 millones de años
Eduardo P. Tonni, Ricardo C. Pasquali.
Estudio de producción gráfica Alcira Vergara Oroño. 60 páginas.



Publicado de forma independiente, *Fauna americana, una historia de 65 millones de años* es un compendio que reconstruye a través de un arduo recorrido geológico la historia de los animalitos de nuestra Sudamérica, antepasados y descendientes. "Una historia de inmigrantes". dirán los autores al rastrear los distintos vaivenes que le deparó la geología a la fauna local.

La idea original consistía en la realización de una sencilla recopilación de la fauna sudamericana accesible para el público amplio y así lo sugieren los autores. A pesar de ello, el libro se vuelve un poco técnico al abundar en detalles sobre familias, especies y subespecies que por momentos se apoderan completamente del texto.

Sin embargo puede servir particularmente a estudiantes o interesados exclusivamente en el tema como un material de consulta en el cual poder encontrar un acceso de forma rápida y entonces sí, muy detallado.

Eduardo P. Tonni es doctor en Ciencias Naturales, profesor de la Universidad Nacional de La Plata y Ricardo C. Pasquali es ingeniero químico.

Mensajes a FUTURO
sup.futuro@pagina12.com.ar

SCIENCE

LA ACUPUNTURA REIVINDICADA

A pesar de que nunca fue tomada muy en serio por la medicina, parecería que la acupuntura sirve en algunos casos. Recientemente un panel de expertos norteamericanos expuso las conclusiones de un largo trabajo de investigación sobre los efectos de la acupuntura: quedó claro que la técnica de las agujas es efectiva a la hora de evitar náuseas, algunos dolores y problemas digestivos y respiratorios. Parece ser que la efectividad de la acupuntura no se basa en cuestiones mágicas ni vinculadas a balances en los supuestos flujos energéticos –tal como afirman muchos de sus practicantes– sino más bien en disparar la producción de varias sustancias químicas, entre ellas, las endorfinas, que suprimen el dolor.



LOS VIENTOS DE JÚPITER

Cuando en diciembre de 1995 la nave espacial Galileo (NASA) despachó su minisonda para explorar la atmósfera de Júpiter, el aparatito envió a la Tierra una serie de datos que a primera vista parecían algo confusos. Ahora, una vez analizada toda la información, algunas cosas parecen claras: los vientos son cada vez más rápidos y violentos a medida que se penetra en la atmósfera del planeta. En las capas más externas (la zona de las nubes más altas) los vientos alcanzan velocidades de 300 km/hora, pero la minisonda midió vientos aún más veloces a medida que bajaba: a los 100 kilómetros de profundidad llegaban a los 600 km/hora. Lo que aún queda por resolver es si estos vientos son desatados por el calor interno de Júpiter o por el calor generado por la absorción atmosférica de la luz solar.